

Wolfgang Rößler

Eine kleine
Nachtphysik

Geschichten aus der Physik

Birkhäuser
Basel · Boston · Berlin

Wolfgang Rößler
Albert-Schöpf-Straße 41
A-4020 Linz

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7643-7743-4 Birkhäuser Verlag AG, Basel - Boston - Berlin

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

© 2007 Birkhäuser Verlag AG, P.O. Box 133, CH-4010 Basel, Switzerland
Ein Unternehmen der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
Gedruckt auf säurefreiem Papier, hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff. TCF ∞
Umschlag und Illustrationen: Martina Ziegler, Basel
Printed in Germany

Korrigierter Nachdruck der ersten Auflage

ISBN 978-3-7643-7743-4

e-ISBN 978-3-7643-7744-1

9 8 7 6 5 4 3 2

www.birkhauser.ch

Für Hannah, Miriam, Sarah und Gabi

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	ix
1 Einsteins Lächeln	1
2 Die Peter Pans der menschlichen Rasse	15
3 Ein echter Lehrer	19
4 Eine Weltsicht im freien Fall	27
5 „Ein bisschen Physik von höchst amüsanter Natur“	35
6 Ein völlig neuer Gedanke	45
7 Zahlen sind alles, vollkommen, wunderschön und heilig	51
8 Fassungslos vor Freude	63
9 Wasser und Mond oder: Das Schöne und die Physik	69
10 Ein leerer Raum – aber keine Angst davor	75
11 Fermi-Fragen	81
12 Merkwürdige Substanzen oder doch einfach nur Bewegung?	87
13 Wie eine Heilsbotschaft	91
14 In zehntausend Jahren? Nur noch Maxwell!	97
15 Ein merkwürdiges Prinzip: Unordnung	105

16	Der Röntgen ist wohl verrückt geworden	111
17	Verwandle Magnetismus in Elektrizität!	119
18	... am Sonntag ruht es	127
19	Nur ein Durchgangsstadium	135
20	Lachen und Mitgefühl	143
21	„Pauli, dein Herz ist besser als dein Verstand“	151
22	Ist es möglich, dass die Natur so verrückt ist?	161
23	Das Geheimnis der Quantenmechanik	171
24	Komplementarität – die beiden Seiten einer Wirklichkeit	177
25	Ein großer Künstler	185
26	Jede denkbare Geschichte	189
27	Am siebten Tag des Monats erschien ein neuer Stern	199
28	Ein Anfang – und möglicherweise auch ein Ende	209
29	Helle Sterne und dunkle Materie	219
30	Weltbilder	225
31	300 000 Jahre nach Beginn der Zeit	235
32	Dunkle Sterne	243
33	Weißer Zwerge	247
34	Am Ende eines Sternenlebens	253
35	Gegensätze widersprechen sich nicht, sie ergänzen einander	259
	Referenzen	261
	Bibliographie	265
	Index	271

Vorwort

„Ich kann mich des Eindrucks nicht erwehren, dass die Physik aus Menschen besteht, die eine Art Familie bilden“,¹ meinte einmal Enrico Fermis Frau Laura. Es ist eine große und sehr bunte Familie, von der Laura Fermi hier sprach. In ihr finden sich die unterschiedlichsten Personen, Charaktere und Wesenszüge. Albert Einstein, der sich in Princeton immer wieder verliebte, Ludwig Boltzmann, der, in ein physikalisches Problem vertieft, den Kinderwagen stehen ließ, Isaac Newton, der voller Missgunst war, Galileo Galilei, der für seine Ideen und Einsichten stritt und kämpfte, Wolfgang Pauli, der als das Gewissen der Physik galt, Niels Bohr, der unermüdlich diskutieren konnte, oder Fritz Houtermans, der eine unversiegbare Quelle an Geschichten und Witzen und übersprühend vor Ideen war. Fritz Houtermans war zugleich berühmt für seine Gastfreundschaft. Zu seinen Gästen im Berlin der frühen dreißiger Jahre zählten unter anderem Künstler und Literaten – und natürlich Physiker. Die Diskussionen rund um die Physik dauerten oft stundenlang und bis spät in die Nacht hinein. Houtermans nannte das „eine kleine Nachtphysik“.

Einstein, Boltzmann, Newton, Galilei, Pauli, Bohr, Houtermans, sie alle – und noch viele andere mehr – sind Mitglieder dieser Familie. Ihr Humor und ihre Art, mit den Dingen des Alltags umzugehen, sind neben ihren wissenschaftlichen Erfolgen ein wesentlicher Teil der Geschichte der Physik – einer Geschichte, die geprägt ist von Erfolg und Scheitern, Hoffnung und zerschlagenen Träumen, Missgunst und Neid, Großzügigkeit und Charakterstärke, schöpferischem Denken und einfacher Menschlichkeit.

Auf den folgenden Seiten geht es um diese Geschichte. Um einige Ideen der Physik. Und insbesondere um die Menschen, die diese prägten. Der Bogen folgt dabei keiner strengen Chronologie, ist aber weit gespannt. Von Newton und Galilei zu Einstein, Feynman, Fermi und Bohr. Von Faraday und Maxwell zu Schrödinger, Dirac, Heisenberg und Pauli. Von den ersten Anfängen in der Antike zu den Fragen nach dem Wesen von Raum und Zeit und der Natur von Licht und Wärme. Von der Entdeckung des Atoms zur Formulierung der

Quantenmechanik. Von Beobachtungen des Sternenhimmels zu grundlegenden Einsichten und Gedanken der modernen Astronomie und Kosmologie.

Die Ideen mögen mitunter abstrakt sein, aber die Physik selbst, als eine ganz eigene Art die Welt zu sehen, ist voller Leben – und Menschlichkeit. Genau davon möchte dieses Buch erzählen.

Danksagung

Dieses Buch hätte alleine nicht geschrieben werden können. Es gibt viele, die in der einen oder anderen Weise dazu beitrugen. Das sind zuerst einmal all jene Wissenschaftshistoriker und Biographen, auf deren Arbeit die Inhalte dieses Buches beruhen. Da sind weiters jene zu nennen, von denen ich Physik gelernt habe. Namentlich erwähnen möchte ich Univ. Prof. Dr. Urbaan M. Titulaer und insbesondere A. Univ. Prof. Dr. Peter Bauer. Dr. Alfred Dominik hat sich die Mühe gemacht, den Text mehrmals sorgfältig zu lesen. Ihm verdanke ich wichtige Anregungen. Dr. Stefan Göller danke ich sehr für Hilfe und Unterstützung. Martina Ziegler hat mit Sorgfalt und Ideenreichtum den Einband und die Illustrationen gestaltet. Dr. Karin Neidhart gab dem Buch den letzten Schliff. Auch ihr weiß ich mich zu großem Dank verpflichtet. Und schließlich meine Familie. Sie hat in den vergangenen Monaten nur zu gut verstehen gelernt, weshalb so oft in Danksagungen von Geduld, Unterstützung und Verständnis der Familie die Rede ist. Ihr gilt mein herzlichster Dank.

Kapitel 1

Einsteins Lächeln

„Einstein sieht aus wie ein Kind, das sich zum Spaß eine Einstein-Maske aufgesetzt hat. Er steht überall im Mittelpunkt.“²

Das schrieb im April 1929 der britische Diplomat und Schriftsteller Sir Harold Nicolson aus Berlin an seine Frau. Einstein war damals fünfzig Jahre alt und sein Ruhm hatte zu dieser Zeit geradezu mythische Ausmaße angenommen. Er galt als neuer Kopernikus, als neuer Newton, als eine neue Größe der Weltgeschichte. Er wurde unentwegt eingeladen, zu allen möglichen Belangen um Rat gefragt und mit Post förmlich überschüttet. Wobei Letzteres ihm regelrechte Albträume verursachte. „Ich brate in der Hölle“, erzählte Einstein in einem Brief, „und der Briefträger ist der Teufel und brüllt mich unausgesetzt an, indem er mir einen neuen Pack Briefe an den Kopf wirft, weil ich die alten noch nicht beantwortet habe.“³ Aber Einstein erhielt von unerwarteter Seite „Hilfe“. Als in Princeton ein kleiner Terrier Einstein gegenüber besonders anhänglich wurde, anderen und damit auch dem Briefträger gegenüber aber unfreundlich blieb, meinte Einstein: „Der Hund hat Mitgefühl mit mir und versucht deswegen den Postboten zu beißen.“⁴

Für den Physiker und Einstein-Biographen Abraham Pais war Einstein der freieste Mann, den er kannte, jemand, der mehr als jeder andere Meister seines eigenen Schicksals war.⁵ Einstein folgte sein Leben lang seinem tiefen Bedürfnis, seine Gedanken und Ideen selbstständig zu entwickeln und ganz er selbst zu sein.⁶

Für Friedrich Nietzsche war Sokrates ein Wirbel- und Wendepunkt der Geschichte. In ähnlicher Weise erscheint Einstein. Er verwarf Newtons absoluten Raum, stellte das überkommene Bild vom Wesen der Zeit in Frage, nahm Plancks Gedanken wörtlicher als Planck selbst, erweiterte Galileis Relativitätsprinzip, fand eine Möglichkeit, die Größe von Atomen zu

bestimmen, und als man von ihm die Lösung des Quantenrätsels erwartete, schuf er beinahe im Alleingang eine neue Theorie der Gravitation, die Allgemeine Relativitätstheorie.

Einstein sagte einmal: „Wenn ich mich frage, woher es kommt, dass gerade ich die Relativitätstheorie gefunden habe, so scheint es an folgendem Umstand zu liegen: Der normale Mensch denkt nicht über Raum-Zeit-Probleme nach. Alles, was darüber nachzudenken ist, hat er nach seiner Meinung bereits in der frühen Kindheit getan. Ich dagegen habe mich derart langsam entwickelt, dass ich erst anfang, mich über Raum und Zeit zu wundern, als ich bereits erwachsen war. Naturgemäß bin ich dann tiefer in die Problematik eingedrungen als ein gewöhnliches Kind.“⁷

Als Einstein zu seinem fünfzigsten Geburtstag ein Foto geschenkt bekam, das jenes Haus in Ulm zeigt, wo er sein erstes Lebensjahr verbracht hatte, meinte er: „Zum Geborenwerden ist das Haus recht hübsch; denn bei dieser Gelegenheit hat man noch keine so großen ästhetischen Bedürfnisse, sondern man brüllt seine Lieben zunächst einmal an, ohne sich viel um Gründe und Umstände zu kümmern.“⁸ Aber noch ehe Albert seine Lieben anbrüllte, war seine Geburt am 14. März 1879 für seine Mutter Anlass zu einem gehörigen Schrecken.

Pauline Einstein war, erzählte später Einsteins zwei Jahre jüngere Schwester Maja, so sehr über den außergewöhnlich großen rechteckigen Hinterkopf ihres Sohnes erschrocken, dass sie im ersten Augenblick an eine Missgeburt glaubte.⁹ Die Großmutter Helene ergänzte die Aufregung um Alberts Geburt noch, indem sie ihren Enkel mit einem entsetzten „Viel zu dick! Viel zu dick!“ empfing.¹⁰

Der Arzt konnte Pauline Einstein beruhigen, ihr Sohn sei keine Missgeburt – und „viel zu dick“ ist Einstein auch nicht geblieben. Dennoch bot Alberts Kindheit ausreichend Anlass zu Sorge und Aufregung. So verlief seine sprachliche Entwicklung auffällig langsam. Albert begann erst so richtig zu sprechen, als er schon älter als drei Jahre war. Diese Verzögerung lag aber vermutlich an seinem Ehrgeiz, nur in vollständigen Sätzen reden zu wollen. Wurde Albert von jemandem etwas gefragt, so bildete er bis etwa zu seinem siebten oder gar neunten Lebensjahr die Antwort zunächst im Kopf, probierte sie anschließend halblaut, bedächtig und mit deutlichen Lippenbewegungen aus, um zu prüfen, ob der Satz richtig klang; hatte er sich so von der Richtigkeit des Satzes überzeugt, wiederholte er ihn in normaler Lautstärke. Das Hausmädchen der Einsteins nannte ihn für diese Gewohnheit, alles doppelt zu sagen, schlicht den „Depperten“.¹¹

Für das Hausmädchen war Albert nicht normal. Für seine Spielkameraden war er „Bruder Langweil“. Er wich Raufereien aus und spielte nicht gerne im Garten, sondern vertiefte sich lieber in Geduldsspiele, errichtete

komplizierte Konstruktion mit Bausteinen oder versuchte, Kartenhäuser so hoch wie nur möglich zu bauen.¹²

„Deppert“ und langweilig, in seiner sprachlichen und sozialen Entwicklung auffällig. Zu diesen Eigenschaften des jungen Albert gesellte sich noch der Jähzorn. Als dem Fünfjährigen einmal der Unterricht der Hauslehrerin nicht passte, „ergriff er einen Stuhl und schlug damit nach der Lehrerin, die darob solchen Schrecken empfand, dass sie entsetzt fortlief und sich nie mehr blicken ließ.“¹³

Viele Leute und Journalisten suchten später immer wieder nach dem „Wunderkind Einstein“, und fragten stets aufs Neue nach den Vorfahren, von denen Albert Einstein seine außergewöhnliche Begabung wohl geerbt habe. Einstein hatte für diese Fragen nichts übrig, und meinte: „Übrigens weiß ich ganz genau, dass ich selbst gar keine besondere Begabung habe. Neugier, Besessenheit und eine sture Ausdauer, verbunden mit Selbstkritik, haben mich zu meinen Gedanken gebracht.“¹⁴

Man kommt dem „Wunder“ Einstein sicherlich näher, wenn man nach dem „Sichwundern“ fragt. Als Einstein im Alter von etwa vier Jahren krank war, schenkte ihm sein Vater einen Kompass. Einstein war davon tief beeindruckt. Für ihn war das merkwürdige Verhalten der Kompassnadel eines der Wunder seiner Kindheit. „Ich erinnere mich noch jetzt“, schrieb Einstein im Alter von siebenundsechzig Jahren, „dass dieses Erlebnis tiefen und bleibenden Eindruck auf mich gemacht hat. Da musste etwas hinter den Dingen sein, das tief verborgen war.“¹⁵

Eigensinn, ein besonderes Gespür für Zusammenhänge, die Neigung, den Dingen in einer ganz eigenen Weise auf den Grund zu gehen und eine tiefgründige Art sich zu wundern. Das sind wohl wesentliche Charaktereigenschaften Einsteins, die dann auch dazu führten, dass er als ein völlig Unbekannter im Jahr 1905 der Physik ein ganz eigenes Wunder bescherte: das annus mirabilis, das Wunderjahr, in dem Einstein mit einem Schlag die Physik bereicherte wie kaum jemand anderer jemals vor oder auch nach ihm. In diesem Jahr fand Einstein unter anderem die Erklärung, wie Licht beim Auftreffen auf eine Metallplatte Elektronen aus ihr herausschlagen kann, entdeckte, wie sich die merkwürdige Bewegung von Pflanzenpollen in Wasser durch die Bewegung von Atomen und Molekülen verstehen lässt und erläuterte in den Gedanken der speziellen Relativitätstheorie, weshalb die bisherigen Vorstellungen von Raum und Zeit in grundlegender Weise falsch waren.

Einstein war damals technischer Experte dritter Klasse am Patentamt im Bern. Schon fünf Jahre zuvor hatte er sich in Zürich vergeblich um eine Assistentenstelle an der Eidgenössischen Technischen Hochschule beworben. Und auch in diesem wundersamen Jahr lag die erhoffte Anstellung an einer Universität unverändert in weiter Ferne. Erst drei Jahre später wurde er

Privatdozent in Bern. Da Einstein, abgesehen von einem bescheidenen Hörergeld kein Gehalt für seine Vorlesungstätigkeit erhielt, arbeitete er am Patentamt weiter und konnte die Physik – acht Jahre nach seinem Studium – nach wie vor nur nebenbei betreiben. Im Sommersemester 1908 schließlich hielt Einstein seine erste Vorlesung. Er las über „Molekulare Theorie der Wärme“ und hatte drei Hörer: zwei Freunde und einen Kollegen vom Patentamt. Im Wintersemester las er über „Theorie der Strahlung“ – vor vier Hörern.¹⁶

Einsteins Schwester Maja studierte damals in Bern Romanistik und wollte einmal eine Vorlesung ihres Bruders besuchen. Als die gut gekleidete Maja den Portier nach dem Hörsaal ihres Bruders fragte, sagte dieser verblüfft und unverblümt: „Der Schlämpi ist euer Bruder, das hätt i ober nie tänkt.“¹⁷

Im Jahr darauf erhielt Einstein eine außerordentliche Professur für theoretische Physik an der Universität Zürich und besuchte in Salzburg seine erste physikalische Tagung, die Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte.

Mileva und später insbesondere Einsteins zweite Frau, Elsa, versuchten immer wieder, Einstein dazu zu bewegen, mehr auf sein Äußeres zu achten. Wenn Mileva fand, er könne so gekleidet nicht aufs Amt gehen, meinte Einstein lediglich: „Wieso, dort kennt mich doch jeder.“ Als sie vor Einsteins Reise zum Kongress nach Salzburg ihn abermals auf die Notwendigkeit eines gepflegten Äußeren hinwies, meinte er: „Wieso, dort kennt mich doch niemand.“¹⁸

Die Tagung in Salzburg dauerte eine Woche und jeden Tag berichtete das Salzburger Volksblatt über die Vorträge. Einsteins Name wurde dabei nie erwähnt. Für die Physiker aber war Einstein längst schon kein Unbekannter mehr. Jeder Physiker auf dem Kongress kannte seinen Namen und wollte ihn kennen lernen. Einen tiefen Eindruck machte auf sie der Respekt, mit dem Max Planck Einstein begegnete. Einsteins Vortrag besuchten schließlich über einhundert Hörer.¹⁹

Im Vordergrund standen damals Fragen der Radioaktivität und des Relativitätsprinzips. Aber nicht Einstein, sondern Max Born hielt den Hauptvortrag über Relativitätstheorie. Einstein sprach über die Quantennatur des Lichts. Born kommentierte dies in einem Brief so: „Einstein war schon über die Spezielle Relativitätstheorie hinaus, die er den minderen Propheten überließ, während er selbst über die neuen Rätsel nachdachte, die sich aus der Quantennatur des Lichts ergaben.“²⁰

Einsteins Vortrag „Über das Wesen und die Konstitution der Strahlung“ folgte unmittelbar auf jenen von Born. Einstein sprach über einen Hohlraum mit einer festen, in einer Richtung beweglichen Platte – eine Schachtel gewissermaßen, in der sich die vertikale Platte längs einer Schiene bewegen läßt.

Wäre der von Einstein angesprochene Hohlraum mit einem Gas gefüllt, so würden die Gasteilchen, da sie ständig in Bewegung sind, fortwährend

gegen die Gefäßwände und die Platte prallen und so einen Druck erzeugen. Die Stöße auf die Platte würden dabei durch die regellose Bewegung und die zufällige Verteilung der Teilchen sehr unregelmäßig ausfallen; manchmal auf der einen Seite der Platte heftiger, manchmal auf der anderen. Die Platte würde eine leichte Zitterbewegung ausführen – hervorgerufen allein durch die Bewegung von Teilchen.

Einstein dachte sich in seinem Vortrag den Hohlraum aber nicht mit Gas, sondern mit Strahlung gefüllt. Er leitete für die Zitterbewegung der Platte einen Ausdruck her, der aus zwei Summanden bestand. Ein Summand war genau das, was man von Licht als rein elektromagnetischer Welle erwarten würde. Das war nicht weiter ungewöhnlich oder aufregend, überraschend aber war der zweite Summand: Er lieferte eine Schwankung, „wie wenn die Strahlung aus voneinander unabhängig beweglichen, punktförmigen Quanten“ bestünde. Licht zeigt sich hier, als würde es wie ein Gas aus Teilchen bestehen! Das Ganze sei, meinte Einstein, „leicht zu interpretieren“: Der eine Ausdruck rühre von den Welleneigenschaften der Lichtes her, der andere von den Lichtquanten. Einstein meinte, dass „die nächste Phase der Entwicklung der theoretischen Physik nur eine Theorie des Lichtes bringen wird, welche sich als eine Art Verschmelzung“ von Teilchen- und Wellennatur des Lichtes auffassen ließe.²¹

Einsteins erster öffentlicher Auftritt war zweifellos ein Erfolg, seine Vermutung über die Doppelnatur des Lichtes geradezu prophetisch. Dennoch blieben die meisten der Zuhörer damals dieser Idee gegenüber ablehnend oder zumindest skeptisch. Es musste noch etwas Zeit vergehen. Viele Jahre später erläuterte Wolfgang Pauli, dass Einsteins Salzburger Vortrag „einer der Wendepunkte der theoretischen Physik“ gewesen sei.^{22 23} Ähnliches meinte Arnold Sommerfeld, der – ebenfalls Jahre später – davon sprach, dass das mit Einsteins Gedanken zum Licht begründete Dualitätsprinzip „unter allen erstaunlichen Entdeckungen unseres Jahrhunderts die erstaunlichste“ sei.²⁴

1905, vier Jahre vor der Tagung in Salzburg, hatte Einstein unter anderem seine Arbeiten zur Speziellen Relativitätstheorie und zur Teilchennatur des Lichtes veröffentlicht. Als Angestellter am Patentamt in Bern war er innerhalb der Physiker ganz auf sich allein gestellt. So wusste er nicht, wie seine Gedanken aufgenommen würden. Einstein wartete ungeduldig. Erst nach sechs Monaten kam die erste Reaktion – die allerdings stammte von Max Planck.

Planck zählt zu den Allerersten, die die Bedeutung der Relativitätstheorie erkannt haben. Als beispielsweise der Experimentalphysiker Walter Kaufmann bei der Ablenkung schneller Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern eine Abweichung zu Einsteins Arbeit feststellte, machte Planck sich die Mühe, die Bedingungen des Experiments genau zu unter-

suchen. Planck entdeckte dann auch, dass Kaufmann unzulängliche Vereinfachungen vorgenommen hatte.²⁵ Noch im Juli 1907, zwei Jahre nach Veröffentlichung der ersten Arbeit zur Relativitätstheorie, schrieb Planck in einem langen Brief an Einstein, dass die „Anhänger des Relativitätsprinzips nur ein bescheidenes Häuflein“ seien.²⁶ Zu diesem bescheidenen Häuflein zählte mittlerweile auch Arnold Sommerfeld.

Sommerfeld war im Unterschied zu Planck nicht von Anfang an von Einsteins Relativitätstheorie überzeugt gewesen. Ganz im Gegenteil. Im September 1906 war Sommerfeld noch davon überzeugt, dass Einsteins Gedanken haltlos seien. Doch schon zwei Monate später schrieb er in einem Brief an Wilhelm Wien: „Ich habe jetzt Einstein studiert, der mir sehr imponiert“.²⁷

Sommerfeld war ein besonderer Lehrer. Um ihn bildete sich ein größerer Kreis von außergewöhnlich begabten jungen Physikern, unter ihnen Wolfgang Pauli und Werner Heisenberg. Einstein schrieb in einem Brief an Sommerfeld: „Was ich an Ihnen besonders bewundere, das ist, dass Sie eine so große Zahl junger Talente wie aus dem Boden gestampft haben. Das ist etwas ganz Einzigartiges. Sie müssen eine Gabe haben, die Geister ihrer Hörer zu veredeln und zu aktivieren.“²⁸

Aber schon Jahre zuvor, unmittelbar im Anschluss an die Salzburger Tagung, hatte Einstein in einem Brief an Sommerfeld, der die Tagung in Begleitung einiger seiner Studenten besucht hatte, geschrieben: „Ich begreife es jetzt, dass Ihre Schüler Sie so gern haben! Ein so schönes Verhältnis zwischen Professor und Studenten steht wohl einzig da.“ Und er, der nun in wenigen Wochen in Zürich selbst Professor werden sollte, fügte hinzu: „Ich will Sie mir ganz zum Vorbild nehmen.“²⁹

Ganz gelungen ist dies Einstein allerdings nicht. Seine Vorlesungsunterlagen bestanden aus einem kleinen Zettel, auf den er ein paar Notizen skizziert hatte.³⁰ Einstein trug eigentlich auch nicht vor, sondern dachte nach. Zu Beginn der Vorlesung setzte er sich ein Ziel, und während der Vorlesung entwickelte er den Weg dorthin und entfaltete die Theorie vor den Augen der Studenten auf seine ganz eigene Weise. Die Zuhörer erhielten so einen ungewöhnlichen Einblick in Einsteins Denken, Physik aber konnten sie in seinen Vorlesungen nur schwerlich lernen. Beliebte als Lehrer war Einstein dennoch. „Als er in seiner etwas abgetragenen Kleidung mit den zu kurzen Hosen und der eisernen Uhrkette das Katheder betrat, waren wir eher skeptisch“, erzählte ein damaliger Hörer – und fügte hinzu: „Aber schon nach den ersten Sätzen hatte er unsere spröden Herzen erobert.“³¹ So geschah es dann auch sehr zum Unwillen der Studenten, dass 1911 Einstein nach Prag an die deutsche Universität berufen wurde.

Der schöne Park unterhalb der Fenster von Einsteins Arbeitszimmer in der Prager Weinberggasse gehörte zu dem, was man damals eine Irrenanstalt

nannte. Einstein pflegte manchmal Besucher an die Fenster zu führen und mit Blick auf die unter den alten Bäumen gehenden Kranken zu sagen: „Sie sehen dort den Teil der Verrückten, der sich nicht mit der Quantentheorie beschäftigt.“³²

Fragen der Quantentheorie und der Quantennatur des Lichtes haben Einstein sein Leben lang nicht losgelassen. In seinen späten Jahren meinte Einstein einmal, dass er „hundertmal mehr über Quantenprobleme nachgedacht habe als über die Allgemeine Relativitätstheorie.“³³ Und schenkt man seinen eigenen Worten Glauben, ohne großen Erfolg. Denn, so meinte Einstein 1951 gegenüber seinem Freund Michele Besso, „die ganzen fünfzig Jahre bewusster Grübeleien haben mich der Antwort der Frage ‚Was sind Lichtquanten‘ nicht näher gebracht.“³⁴

Aber schon viele Jahre früher hatte sich in Einsteins Nachdenken ein erster beinahe resignativer Unterton gemischt. Bereits in Prag, im Mai 1911, schrieb Einstein an Besso: „Ob diese Quanten wirklich existieren, das frage ich nicht mehr. Ich suche sie auch nicht mehr zu konstruieren, weil ich nun weiß, dass mein Gehirn so nicht durchzudringen vermag.“³⁵

Einstein war in Prag nie ganz glücklich. Im Grunde war er dort völlig vereinsamt. „Meine Stellung und mein Institut hier machen mir Freude“, schrieb Einstein in seinen Prager Tagen – aber ergänzte sogleich: „Nur die Menschen sind mir so fremd.“³⁶

Nach nicht ganz eineinhalb Jahren kehrte die Familie Einstein in die Schweiz zurück. Einstein hatte an der Eidgenössischen Technischen Hochschule eine ordentliche Professur für theoretische Physik erhalten. Er war glücklich darüber, Prag verlassen zu können.

Einstein war also 1912, als Max Planck zum ständigen Sekretär der Preußischen Akademie bestellt wurde, Professor in Zürich. Planck wollte Einstein nach Berlin bringen und bemühte sich beinahe zwei Jahre lang um ihn. Schlussendlich mit Erfolg – aber auch mit einer Erwartungshaltung, weniger von Planck selbst als vielmehr vom Staat Preußen. Die Wissenschaft wurde als etwas Notwendiges angesehen, als etwas, worin man anderen überlegen oder zumindest ebenbürtig sein sollte. Einstein trug dieses Werben mit Humor, und meinte: „Die Herren Berliner spekulieren mit mir wie mit einem prämierten Leghuhn. Aber ich weiß nicht, ob ich noch Eier legen kann.“³⁷ Schlussendlich wurden die Jahre in Berlin aber zu den aufregendsten und anstrengendsten seines Lebens.

Am 29. März 1914 begann Einsteins Berliner Zeit. Er war damals 35 Jahre alt. Im Jahr zuvor waren drei Abhandlungen veröffentlicht worden, die zu den außergewöhnlichsten in der Geschichte der Physik zählen. Der Autor hieß Niels Bohr, das Thema war der Atom- und Molekülbau. Die meisten Physiker verhielten sich zuerst abwartend und skeptisch. Nicht jedoch Einstein.

Als ihm Georg von Hevesy im September 1913 von den neuesten Erfolgen der Bohrschen Theorie berichtete, wobei, so wie Hevesy erzählte, Einsteins große Augen noch größer wurden, meinte Einstein: „Dann ist es eine der größten Entdeckungen.“³⁸ Einstein hatte seinen Geistesverwandten gefunden! Und noch als Siebzjähriger meinte Einstein über diese Arbeit Bohrs, dass sie ihm als Wunder erschien und ihm unverändert wie ein Wunder erscheine, dass sie höchste Musikalität auf dem Gebiet des Gedankens sei.³⁹

Bohr war ein sanftmütiger Mensch, überaus höflich und respektvoll. Er dachte laut und entwickelte seine Ideen beim Reden. Paul Dirac schrieb über seine Gespräche mit Bohr: „Sehr oft war ich nur Zuhörer, während er laut dachte. Ich bewunderte ihn sehr. Er kam mir wie der tiefste Denker vor, der mir je begegnet war.“⁴⁰

Bohr suchte das Gespräch. In Auseinandersetzung und Diskussion versuchte er Klarheit zu finden und oft genug half er dabei anderen, ihre Gedanken zu klären. In Kopenhagen schuf er einen Ort, wo Physiker sich regelmäßig treffen und sich austauschen konnten – und Bohr wurde so zum Ziehvater einer ganzen Generation von herausragenden Physikern. Begabte junge Leute kamen von überall her, um bei ihm zu studieren.

Einer dieser jungen Leute, Carl Friedrich von Weizsäcker, war neunzehn Jahre alt, als er 1932 in Begleitung von Werner Heisenberg dem damals sechsvierzigjährigen Niels Bohr zum ersten Mal in Kopenhagen begegnete. Bohr diskutierte mit Heisenberg philosophische Probleme der Quantentheorie. Weizsäcker saß nur da und hörte drei Stunden lang zu. Danach notierte er in sein Tagebuch: „Ich habe zum ersten Mal einen Physiker gesehen. Er leidet am Denken.“⁴¹

Einstein meinte einmal, Bohr „äußert seine Meinungen wie ein ständig Suchender und nicht wie einer, der sich im Besitz endgültiger Wahrheit glaubt.“⁴² In seinen Veröffentlichungen hat Bohr jedes Wort durchdacht und sorgfältig abgewogen. Es ist daher kein Wunder, dass das Schreiben für Bohr eine alles andere als einfache Angelegenheit war.

Bohr schrieb ein Manuskript mehrmals um. Er veränderte Sätze oder Satzteile, erläuterte nachträglich weitere Zusammenhänge und Begriffe, verbesserte Definitionen und überschritt dabei sehr großzügig die vorgegebene Zeit. Terminpläne von Druckereien und akademischen Stellen gerieten durcheinander, aber niemand missbilligte dieses Verhalten, denn schließlich war Bohr eben Bohr. Hatte er das Manuskript dann doch einmal eingereicht, schrieb er die Arbeit, sobald er die Korrekturfahnen in Händen hielt, abermals völlig um. Er baute neue Ideen ein, die ihm in der Zwischenzeit gekommen waren, oder verbesserte die Klarheit der Arbeit an der einen oder anderen Stelle. So kam es vor, dass ein Band, für den Bohr einen Beitrag zu schreiben hatte, mit einigen Monaten Verspätung erschien – schließlich ohne den

Beitrag von Bohr.⁴³

Im Juni 1922 kam Niels Bohr nach Göttingen, um mehrere Vorträge über die Quantentheorie der Atome und das Periodensystem der Elemente zu halten. Auf diesen später so genannten Bohr-Festspielen begegnete der damals zwanzigjährige Student Werner Heisenberg Niels Bohr zum ersten Mal. Viele Jahre später erzählte Heisenberg: „Der erste Eindruck des Menschen Bohr ist mir noch ganz deutlich in der Erinnerung. Voll jugendlicher Spannung, aber doch etwas verlegen und schüchtern, den Kopf ein wenig zur Seite geneigt, stand der dänische Physiker auf dem hellen Podium des Hörsaals, in den durch die weit geöffneten Fenster das volle Licht des Göttinger Sommers hereinströmte. Seine Sätze kamen etwas stockend und leise, aber hinter jedem der sorgfältig gewählten Worte wurde eine lange Kette von Gedanken spürbar, die sich irgendwo im Hintergrund einer mich sehr erregenden philosophischen Haltung verlor.“⁴⁴

Bohr wählte bei Vorträgen seine Worte sehr sorgfältig – und wurde dadurch nicht unbedingt leichter verständlich. Er sprach mitunter in unvollständigen Sätzen und nicht einmal die Sprache, die er verwendete, behielt er bei; sie schwankte zwischen Deutsch, Dänisch und Englisch. Und wenn es ganz wichtig wurde, erzählt von Weizsäcker, dann murmelte Bohr, die Hände vors Gesicht gepresst. Es kam vor, dass Bohr während eines Vortrags eine Kreide in der rechten und einen Schwamm in der linken Hand hielt. Er schrieb Formeln mit der Rechten und löschte sie kurz darauf wieder mit der Linken. Einmal bei solch einem Vortrag ertönte aus den Reihen der Zuhörer die energische Stimme seines alten Freundes Paul Ehrenfest: „Bohr!“ Erschrocken wandte Bohr sich ihm zu: „Bohr! Gib den Schwamm her!“ Bohr folgte der Aufforderung und Ehrenfest hielt den Schwamm bis zum Ende des Vortrags fest auf seinen Knien.⁴⁵

Wenn Bohr sprach, dann vergaß er die Regeln der Akustik, Grammatik und Logik, erzählte Carl Friedrich von Weizsäcker. Und weiter: Man spottete ein wenig über ihn, weil man ihn oft nicht verstand, fast grenzenlos bewunderte und grenzenlos liebte.⁴⁶

Bohr war ein außergewöhnlicher Physiker – und ein außergewöhnlicher Mensch. „Der Eindruck von Bohrs Persönlichkeit“, schrieb 1926 Erwin Schrödinger, „war mir trotz allem, was ich schon von ihm gehört hatte, sehr unerwartet. Es wird wohl kaum so bald wieder einen Menschen geben, der so ungeheure äußere und innere Erfolge erringt, dem in seiner Arbeitssphäre auf der ganzen Welt fast wie einem Halbgott gehuldigt wird und der dabei – ich sage nicht bloß bescheiden und frei von Überhebung – sondern geradezu scheu und schüchtern bleibt.“⁴⁷

Bohr besaß eine weitere, für ihn ebenso ganz charakteristische Eigenschaft: Er konnte eine Diskussion bis an den Rand der Erschöpfung führen.

Bohr hatte vor der Veröffentlichung seiner Arbeiten von 1913 einen ersten Teil an seinen ehemaligen Lehrer Ernest Rutherford geschickt. Rutherford fand diese Arbeit zu lang und schrieb an Bohr, dass er alles herausstreichen werde, was er als unnötig ansehe. Bohr, der inzwischen eine noch viel umfangreichere Neufassung an Rutherford geschickt hatte, brach daraufhin ohne zu zögern nach Manchester auf – und setzte sich nach langen Diskussionen in allen Punkten durch. Rutherford sagte später, dass er nie gedacht hätte, dass Bohr so eigensinnig sein könne.

Der erste Teil der Trilogie erschien schließlich unter dem Titel „On the Constitution of Atoms and Molecules“ im *Philosophical Magazine* im Juli – ungekürzt. Die weiteren beiden Teile folgten im September und November.^{48 49}

Bohr war zu dieser Zeit in Kopenhagen Assistent bei einem Experimentalphysiker, der der neuen Atomtheorie nichts abgewinnen konnte. Noch im selben Jahr bat Bohr daher darum, für ihn in Kopenhagen einen eigenen Lehrstuhl für theoretische Physik einzurichten. Das war nicht einfach, denn als theoretischer Physiker saß man zu dieser Zeit zwischen zwei Lehrstühlen. Nach Ansicht der Experimentalphysiker beschäftigten sich die Theoretiker zu viel mit Mathematik, und den Mathematikern schienen sie sich zu sehr mit Anwendungen abzugeben und mit der Mathematik selbst nicht sorgfältig genug umzugehen. Erst im Sommer 1916 war es schließlich soweit: Bohr wurde der erste Professor für theoretische Physik in Dänemark. Bohr aber wollte mehr. Er hatte bei Rutherford gesehen, wie wesentlich für das Voranschreiten der Arbeit ein eigenes Institut ist, wie wichtig es ist, einen Ort zu haben, wo offene Fragen unmittelbar diskutiert werden können. Bohr wollte ein eigenes Institut für theoretische Physik – und hatte Erfolg. Im März 1921 wurde das Institut offiziell eingeweiht. Schon drei Monate zuvor hatte Bohr mit seiner Familie eine Wohnung im ersten Stock des Gebäudes bezogen. Das war ganz im Sinne Bohrs. Das Institut sollte ein Haus für eine wissenschaftliche Familie sein, ein Ort, wo es nicht nötig sein sollte, wissenschaftliches und privates Leben zu trennen. Zusammenarbeit sollte selbstverständlich sein. Hier entstand der Geist von Kopenhagen.⁵⁰

Werner Heisenberg beginnt seine Autobiografie „Der Teil und das Ganze“ mit dem Satz: „Wissenschaft wird von Menschen gemacht.“ Wissenschaft entsteht im Gespräch. Genau das war wesentlicher Teil des Kopenhagener Geistes! Auf dem Institut ging es um Austausch und Zusammenarbeit, um Gespräch und Diskussion. Aber man sprach nicht nur über Physik. Von Genetik und Religion über Politik und moderne Kunst spannte sich der weite Bogen sogar bis hin zu Wildwestfilmen. Dabei wurde auch der Frage nachgegangen, wieso immer der gute Held im Revolverduell den Bösewicht besiegt. Bohrs Antwort war: „Weil der Gute nicht denken muss.“

George Gamow, der später als Erster die Vermutung aussprechen sollte, dass die Sonne ihre Energie aus der Umwandlung von Protonen in Helium-Kerne beziehe, wollte dies ausprobieren. Er kaufte zwei Spielzeugpistolen, händigte eine davon Bohr aus und band sich die zweite selbst um. Während sie über Physik diskutierten, versuchte Gamow, Bohr „abzuknallen“. Doch vergeblich – Bohr zog seine Waffe stets schneller. „Der Böse muss doch eine Hemmschwelle von einer Viertelsekunde überwinden“, wusste Bohr zu erklären: „Der Gute hat ein gutes Gewissen und schießt, wenn es nötig wird, sofort.“⁵¹

Insgesamt meinte Bohr zu den Wildwestfilmen: „Das ist doch alles zu unwahrscheinlich! Also, dass der Bösewicht mit dem hübschesten Mädchen davonläuft, das ist logisch. Dass die Brücke unter ihrer Last zusammenbricht, ist zwar unwahrscheinlich, kann aber akzeptiert werden. Dass die hübsche Heldin mitten über dem Abgrund hängenbleibt, das ist noch unwahrscheinlicher, aber ich akzeptiere auch das. Ich nehme sogar auch noch hin, dass gerade in diesem Moment Tom Mix auf seinem Pferd daherkommt. Was aber mehr ist, als ich akzeptieren kann, das ist die Tatsache, dass genau in diesem Moment und an dieser Stelle ein Kerl mit einer Filmkamera steht, der das alles aufnimmt.“⁵²

So vielfältig die Gegenstände der Diskussionen waren, so wenig beschränkten die Gespräche sich auf das Institut allein. Wenn Bohr ein Thema besonders interessierte, lud er die Gesprächspartner zu einer Segeltour oder in sein Landhaus an der Ostsee ein. Die Türe dieses Hauses war mit einem bemerkenswerten Symbol geschmückt, einem Hufeisen. Als jemand Bohr fragte, ob er denn glaube, dass Hufeisen Glück brächten, antwortete Bohr: „Nein, aber man hat mir erzählt, dass es auch dann Glück bringt, wenn man nicht daran glaubt.“⁵³

Über Newton wurde einmal gesagt, dass eine seiner vortrefflichsten Gaben darin bestanden hätte, einen Gedanken so lange schraubstockartig festzuhalten, bis er ihm ganz klar wurde. Einsteins Schwester Maja sprach einmal von der „bemerkenswerten Konzentrationsfähigkeit“ ihres zwei Jahre älteren Bruders: Selbst „in größerer Gesellschaft, wenn es ziemlich laut herging, konnte er sich auf das Sofa zurückziehen, Papier und Feder zur Hand nehmen, das Tintenfass in bedenklicher Weise auf die Lehne stellen und sich in ein Problem so vertiefen, dass ihn das vielstimmige Gespräch eher anregte als störte.“⁵⁴

Einstein hatte ein sehr tiefes Bedürfnis, sein Denken durch nichts stören zu lassen. Er kannte persönliche Bindungen ebenso wie Zorn, Trauer und Verzweiflung, aber er hatte die besondere Gabe, in die Welt der Ideen und Gedanken ohne emotionale Anstrengung zurückkehren zu können. Er konnte aus dem Alltag heraustreten und über ihm stehen, wann immer er dies wünschte.⁵⁵

So wie Einstein konnte auch Bohr sich außerordentlich konzentrieren. Beide waren unermüdliche Arbeiter. Manchmal führte dies zu Erschöpfungszuständen und bei Einstein zusammen mit der schlechten Versorgungslage im Ersten Weltkrieg sogar zu einer Reihe von Erkrankungen.⁵⁶

Im Dezember 1915 meinte Einstein, er sei „zufrieden, aber ziemlich kaputt“.⁵⁷ Dennoch arbeitete er mit ganzer Energie weiter und beschäftigte sich intensiv mit Physik. Er veröffentlichte seine Theorie der spontanen und induzierten Emission, arbeitete erstmals über Gravitationswellen, schrieb Artikel über die relativistischen Erhaltungssätze von Impuls und Energie sowie der Schwarzschild-Lösung und diskutierte den heute so genannten Einstein-de-Haas-Effekt – und schrieb nebenbei ein Buch über Relativitätstheorie.

Dieses enorme Arbeitspensum blieb nicht ohne Folgen. Im Februar 1917 teilte Einstein seinem Freund Paul Ehrenfest mit, dass er an einer Lebererkrankung leide. Zu einer Unterbrechung seiner Arbeit kam es dennoch nicht. In dieser Zeit schrieb Einstein einen grundlegenden Artikel über allgemeinrelativistische Kosmologie. Gegen Ende des Jahres zeigten sich die Symptome eines Magengeschwürs. Einstein musste mehrere Monate das Bett hüten – und ließ die Arbeit abermals nicht ruhen. Während dieser Zeit leitete er eine wichtige Formel für die Gravitationsstrahlung her. Im Mai lag Einstein abermals im Bett – und schloss seine ebenfalls sehr grundlegende Arbeit über den Energie-Impuls-Pseudotensor ab.⁵⁸

Nachdem ihn schon seine Erkrankungen zu größerer Sorgfalt beim Essen gezwungen hatte, musste Einstein Jahre später das Rauchen auf Anraten seines Arztes aufgeben. Allerdings nicht, ohne zuvor nach einer „Übergangslösung“ gesucht zu haben.

Abraham Pais hatte sich unmittelbar nach dem Krieg um ein Forschungsstipendium bei Bohr in Kopenhagen beworben. Als er einige Monate später Bohrs ständiger Mitarbeiter wurde, lud Bohr ihn zu sich ein. Dort eröffnete Bohr das Gespräch mit der Bemerkung, dass jemand nur dann von ihm lernen könne, wenn ihm klar sei, dass er, Bohr, ein Dilettant sei. Pais war sprachlos. Bohr aber meinte es ernst und erklärte, er müsse jede neue Frage vom Standpunkt völliger Unwissenheit aus angehen.⁵⁹ Pais wurde damals klar: Bohrs unvergleichliche Stärke war ein Höchstmaß an Intuition und Sachverstand. Um Gelehrsamkeit ging es ihm nicht.

Später, als Niels Bohr für kurze Zeit in Princeton arbeitete, war Abraham Pais ebenfalls bei ihm. Eines Tages lief Bohr um den Tisch, indem er immer wieder den Namen „Einstein“ murmelte. Schließlich blieb Bohr stehen und wiederholte zum Fenster hinausblickend: „Einstein, . . . Einstein.“ Währenddessen kam Einstein zur Tür herein, deutete Pais, ihn nicht zu verraten und schlich zur Tabakdose auf dem Tisch. In diesem Augenblick drehte Bohr sich mit einem entschiedenen „Einstein“ um und war sprachlos. Einstein erklärte

sein Vorhaben: der Arzt hatte ihm verboten, Tabak zu kaufen, nicht aber, ihn zu stehlen.⁶⁰

Zur ersten persönlichen Begegnung von Einstein und Bohr war es im April 1920 gekommen. Bohr war von Kopenhagen nach Berlin gereist, um einige Vorträge zu halten. Einstein war begeistert und schrieb kurz darauf in einem Brief an Bohr: „Nicht oft im Leben hat mir ein Mensch durch seine bloße Gegenwart eine solche Freude gemacht wie Sie. Ich studiere jetzt Ihre großen Arbeiten und habe dabei – wenn ich irgendwo steckenbleibe – das Vergnügen, Ihr freundliches Jungen-Gesicht vor mir zu sehen, lächelnd und erklärend.“⁶¹ Bohr hatte die Begegnung in ganz ähnlicher Weise erlebt und antwortete in etwas holprigem Deutsch: „Es war für mich eines der größten Erlebnisse, die ich gehabt habe, Sie zu treffen und mit Ihnen zu sprechen. Sie wissen nicht wie groß eine Anregung es für mich war, von Ihnen persönlich Ihre Ansichten zu hören [...] Nie mehr will ich unser Gespräch auf dem Weg von Dahlem zu Ihrem Haus vergessen.“⁶²

Von dem Besuch Einsteins in Kopenhagen drei Jahre später erzählte Bohr: „Einstein war auch nicht praktischer veranlagt als ich, und als er nach Kopenhagen kam, holte ich ihn natürlich am Bahnhof ab. Von dort nahmen wir die Straßenbahn. Wir waren so ins Gespräch vertieft, dass wir viel zu weit fuhren. Wir stiegen aus und fuhren zurück, aber wieder zu weit, ich weiß nicht mehr, wie viele Haltestellen. Jedenfalls fuhren wir mit der Straßenbahn hin und her [...] viele Male hin und her. Was die Leute davon hielten, ist eine andere Frage.“⁶³

In späteren Jahren trafen Bohr und Einstein nicht mehr oft zusammen, der eine spielte im Leben des anderen dennoch unverändert eine herausragende Rolle. Einstein und Bohr verband eine tiefe und ungewöhnliche Freundschaft. Und zugleich ließen die Quantenmechanik und die merkwürdigen Fragen, die diese aufwarf, sie zu geistigen Gegnern werden – ihre gegenseitige Achtung und Verbundenheit aber ist davon bis zuletzt völlig unberührt geblieben.⁶⁴

Gegen Ende des neunzehnten und zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts wurden völlig unerwartet neue Arten von Strahlen entdeckt: Röntgenstrahlen, die Radioaktivität und das Elektron in den so genannten Kathodenstrahlen. Ein wesentlicher Punkt für die Physiker war dabei jeweils die Frage, ob es sich hierbei um eine Art Licht, eine elektromagnetische Welle, handelt, oder ob die Strahlen aus Teilchen bestehen. Die Physiker lernten bald, Röntgen- und Gammastrahlen den Wellen zuzuordnen, das Elektron sowie die Alpha- und Betastrahlen den Teilchen. Doch diese scheinbar so grundlegende Frage nach Welle oder Teilchen, diese Unterscheidung in Wellen- und Teilchennatur sollte bald darauf keine Bedeutung mehr haben.

Die Wirklichkeit, wie sie die Quantenmechanik beschreibt, können wir uns nicht mehr in Bildern anschaulich vorstellen. Es ist grundsätzlich nicht

möglich, eine Antwort beispielsweise auf die Frage zu erhalten, ob ein Elektron Welle oder Teilchen ist. Es bleibt als einzige Frage, wie ein Elektron sich verhält – und die Antwort, die man darauf erhält, hängt ausdrücklich von dem Experiment ab, das man durchführt. Es ist nicht möglich, die Natur als eine von uns unabhängige Realität zu beschreiben. Wir sind stets Teil des Ganzen, wir sind durch die Fragestellung mit der Antwort, die wir in einem Experiment erhalten, in einer ganz eigenen Weise verwoben. Das wollte Einstein ganz im Unterschied zu Bohr sein Leben lang nicht akzeptieren.

„Stets blieb Einstein sein führender geistiger Partner, sogar nach Einsteins Tod argumentierte er gewissermaßen mit dem Lebenden“, schreibt Pais. Als Fünfundsiebzigjähriger, als er selbst nur noch ein Lebensjahr vor sich hatte, sagte Bohr: „Einstein war ein unglaublich lieber Mensch. Ich möchte auch sagen, dass ich noch heute, Jahre nach seinem Tod, Einsteins Lächeln vor mir sehe, ein ganz besonderes, wissendes, menschliches und freundliches Lächeln.“⁶⁵

Kapitel 2

Die Peter Pans der menschlichen Rasse

Am 5. Februar 1902 lud Einstein im „Anzeiger für die Stadt Bern“ unter „Vermischtes“ zu Privatstunden in Mathematik und Physik ein. Eine Probestunde bot er gratis an. Auf diese Anzeige hin meldete sich der aus Rumänien stammende Student Maurice Solvine, der an der Universität Bern hauptsächlich philosophische Vorlesungen besuchte. Einstein erzählte ihm sogleich, dass auch er ursprünglich großen Hang zur Philosophie hatte, aber die „dort herrschende Unklarheit und Willkür“ sei der Grund, dass er sich nur noch mit Physik beschäftige. Schon beim ersten Treffen sprachen sie weniger über Mathematik und Physik als vielmehr „etwa zwei Stunden miteinander über alle möglichen Fragen“. Als Solvine schon am nächsten Tag wiederkam und das Gespräch ebenso interessant verlief wie am Tag zuvor, beschloss Einstein, in der bisherigen Weise fortzufahren: „Besuchen Sie mich doch ganz zwanglos; es macht mir Freude, mich mit Ihnen zu unterhalten.“ Dies war der Beginn einer lebenslangen Freundschaft. Als wenige Wochen später sich den beiden der Mathematiker Konrad Habicht anschloss, entstand ein Dreigespann, das gemeinsam neben Schriften von Avenarius, Ampère, Mach, Helmholtz und Poincaré unter anderem die „Logik“ von Mill, Spinozas „Ethik“ und die Schriften von David Hume las und diskutierte. Scherzhaft nannten sie ihre Zusammenkünfte die „Akademie Olympia“ – eine Akademie, die nie mehr als diese drei Mitglieder zählte. Später erinnerte sich Einstein, so wie er sagte, stets „mit einer Art Heimweh“ daran: „Es war doch eine schöne Zeit“, schrieb Einstein in einem Brief, „damals in Bern, als wir unsere lustige Akademie betrieben, die weniger kindisch war als jene respektablen, die ich später von Nahem kennen gelernt habe.“⁶⁶

Romane und Lyrik hat Einstein nicht viel gelesen. Politische und philosophische Literatur lag ihm deutlich mehr am Herzen. Heinrich Heine aber mochte er wegen seiner feinen Ironie, von Dostojewskijs „Brüder Karamasow“ war er begeistert und Cervantes' „Don Quijote“ war seine Lieblingslektüre.⁶⁷

In den „Buddenbrooks“ erzählt Thomas Mann über mehrere Generationen die Geschichte einer Lübecker Familie. Den meisten Raum widmet er dabei Thomas Buddenbrook, seinem Leben und schließlich auch seinem Sterben. An Appetit- und Schlaflosigkeit, an Schwäche, Schwindel und Schüttelfrost leidend fühlte dieser sich dem Tode nahe. Er wusste, er würde sterben – und mit ihm sein Lebenswerk. Thomas Buddenbrook war verzweifelt, seine Familie betrachtete er nur noch wie von Weitem, überschattet von der Sorge um die Zukunft seines Sohnes und seines Hauses. In dieser Zeit der Todesahnung stieß er in seiner Bibliothek auf ein philosophisches Buch, ein, so wie Thomas Mann erzählt, ziemlich umfangreiches, auf dünnem und gelblichem Papier schlecht gedrucktes und schlecht geheftetes Werk. Thomas Buddenbrook las das Kapitel „Über den Tod und sein Verhältnis zur Unzerstörbarkeit unseres Wesens an sich“. Er las es Buchstabe für Buchstabe – und war überwältigt. Er konnte nicht benennen, was mit ihm geschehen war. Er wusste nur, es war plötzlich nicht mehr dunkel um ihn. Er fühlte sich getröstet und fiel für wenige Stunden in einen tiefen Schlaf, tief wie noch niemals in seinem Leben. Noch beim Aufwachen fühlte er dieses Glück. Es gab für ihn nur die unendliche Gegenwart. Doch nur kurz. „Ich werde leben! flüsterte er in das Kissen, weinte und ... wusste im nächsten Augenblick nicht mehr, worüber. Sein Gehirn stand still, sein Wissen erlosch, und in ihm gab es plötzlich wieder nichts mehr als verstummende Finsternis.“⁶⁸

Arthur Schopenhauer war der Autor des Buches, von dem Thomas Mann erzählt. Einstein bereitete das Lesen der Buddenbrooks keine Freude, er sprach von einer Strafarbeit – aber Schopenhauer schätzte er umso mehr. Der Satz des Philosophen: dass ein Mensch zwar tun kann, was er will, aber nicht wollen, was er will, hat Einstein seit seiner Jugend „lebendig erfüllt“ und war ihm „immer ein Trost gewesen und eine unerschöpfliche Quelle der Toleranz“.⁶⁹

Als ihm ein New Yorker Rabbiner in einem Telegramm folgende Frage stellte: „Glauben Sie an Gott? Bezahlte Antwort 50 Worte“, antwortete Einstein, indem er sich auf einen weiteren Philosophen berief: „Ich glaube an Spinozas Gott, der sich in der gesetzlichen Harmonie des Seienden offenbart, nicht an einen Gott, der sich mit Schicksalen und Handlungen der Menschen abgibt.“⁷⁰

Bohr erzählte, dass er einmal Einstein herausgefordert hatte herauszufinden, auf wessen Seite Spinoza sich heute schlagen würde. Carl Friedrich von Weizsäcker meinte, ganz bestimmt auf die Seite Einsteins. Die Philosophen, die Bohr in besonderer Weise schätzte, waren Sokrates, William James und

Sören Kierkegaard. Für von Weizsäcker war Bohr der tiefste philosophische Denker unter den Physikern seiner Zeit.⁷¹ Für Abraham Pais war Bohr nicht nur einer der maßgebendsten Physiker, sondern auch einer der wichtigsten Philosophen des 20. Jahrhunderts.⁷² Zur zeitgenössischen Philosophie aber hatten beide, Einstein und Bohr, ein sehr distanzierendes Verhältnis.

In den Osterferien 1933 verbrachten Niels Bohr und sein Sohn Christian sowie Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker und Felix Bloch ein paar Tage mit Schifahren. Hier lernte von Weizsäcker erstmals Bohrs „Philosophie des Alltags“ kennen. Auf der Hütte hatten sie sich die Arbeiten geteilt. Heisenberg machte den Herd sauber, andere hackten Holz oder räumten auf.⁷³ Bohr war für den Abwasch zuständig. Am Ende betrachtete er stolz den Berg Geschirr und sagte: „Dass man mit schmutzigem Wasser und einem schmutzigen Tuch schmutzige Gläser sauber machen kann – wenn man das einem Philosophen sagen würde, er würde es nicht glauben.“⁷⁴

Philosophieren gehörte seit Bohrs Jugend untrennbar zu seinem Wesen. Kurz vor seinem Tod antwortete er auf die Frage, wie wichtig für ihn seine jugendlich unbekümmerte Art des Philosophierens gewesen sei, mit den Worten: „Es war in gewisser Weise mein Leben.“⁷⁵

Einstein war Philosophie nie gleichgültig, er hat sich sein Leben lang dafür interessiert, aber er hat sie nie systematisch studiert und betrieben. Einstein war kein Philosoph. Er war ein philosophierender Physiker. Ein unermüdlicher Meister des Fragens.

„Wichtig ist, dass man nicht aufhört zu fragen“, meinte Einstein einmal, und sagte weiter: „Neugier hat einen eigenen Seinsgrund. Man kann nicht anders als die Geheimnisse von Ewigkeit, Leben oder die wunderbare Struktur der Wirklichkeit ehrfurchtsvoll zu bestaunen. Es genügt, wenn man versucht, an jedem Tag lediglich ein wenig von diesem Geheimnis zu erfassen.“⁷⁶

Isaac Isidor Rabi bezeichnete die Physiker einmal als die Peter Pans der menschlichen Rasse. Und vielleicht sind es tatsächlich genau diese „kindlichen“ Eigenschaften, die auch das Nachdenken von Bohr und Einstein so prägten: das Staunen und die Neugierde – sowie der aufrichtige Wunsch des Erwachsenen, den Dingen auf den Grund zu gehen und so ein wenig von diesem Geheimnis zu erfassen.

Für das Kind Einstein wurde das merkwürdige, unerwartete Verhalten einer Kompassnadel zum ersten Wunder seiner Kindheit. Das zweite war ein Buch über ebene euklidische Geometrie, sein „Heiliges Geometriebüchlein“: „Da waren Aussagen wie z.B. das Sichschneiden der drei Höhen eines Dreiecks in einem Punkt, die – obwohl an sich keineswegs evident – doch mit solcher Sicherheit bewiesen werden konnte, dass ein Zweifel ausgeschlossen zu sein schien. Diese Klarheit und Sicherheit machte einen unbeschreiblichen Eindruck auf mich.“ Einstein war damals zwölf Jahre alt.⁷⁷

Kapitel 3

Ein echter Lehrer

Jemand, der ein Jahr jünger als Einstein war, als er sich erstmals intensiv mit Euklidischer Geometrie beschäftigte, war Bertrand Russell. Für den jungen Russell war dies „eines der aufregendsten Ereignisse in meinem Leben, so strahlend schön und aufregend wie die erste Liebe.“⁷⁸

Es ist nicht verwunderlich, dass Russell Mathematik und Liebe in einem Atemzug nennt. Seine Autobiographie beginnt er mit dem Satz: „Drei einfache, doch übermächtige Leidenschaften haben mein Leben bestimmt: das Verlangen nach Liebe, der Drang nach Erkenntnis und ein unerträgliches Mitgefühl mit den Leiden der Menschheit.“⁷⁹ Und Russell nennt die Liebe als Erstes, ganz bewusst, und doch blieb ihm immer ein Gefühl der Einsamkeit: „Wir stehen am Ufer eines Ozeans und schreien in die leere Nacht hinaus; zuweilen antwortet eine Stimme aus dem Dunkel. Aber es ist die Stimme eines Ertrinkenden, und im nächsten Augenblick kehrt das Schweigen wieder.“⁸⁰

Russell wusste sehr bald, dass er Schriftsteller werden wollte, beschäftigte sich aber genauso mit Philosophie und den Grundlagen der Mathematik und setzte sich sein Leben lang gegen Ungerechtigkeit, Krieg und Tyrannei ein. Als er im ersten Weltkrieg für Kriegsdienstverweigerer eintrat, wurde ihm seine Professur in Cambridge entzogen. Da er zugleich versuchte, bedürftigen Mitmenschen und politischen Organisationen mehr zu helfen als er sich finanziell leisten konnte, war er zuweilen so arm, dass er sich nicht einmal mehr eine Buskarte kaufen konnte. Schließlich aber gelangte Russell zu Welt-ruhm. Er erhielt den Literatur-Nobelpreis, den höchsten Orden des englischen Königshauses und zahlreiche andere Ehrungen.⁸¹

Wenige Jahre vor seinem Tod las Einstein mit seiner Schwester Maja Bertrand Russells „Philosophie des Abendlandes“. Einstein war begeistert und sagte über Russell: „Sein Stil ist bewundernswürdig, und eine Art Lausbub

ist er geblieben bis in sein hohes Alter.“⁸²

In seiner Geschichte der Philosophie schreibt Russell, dass keine Philosophen der Antike, des Mittelalters und der Neuzeit jemals einen größeren Einfluss gehabt hätten als Platon und Aristoteles.⁸³

Platon war zwanzig Jahre alt als er Sokrates begegnete und blieb acht Jahre lang dessen Schüler. Tief betroffen von der Verurteilung und der Hinrichtung des Sokrates verließ er Athen und suchte nach einer Lösung für diese Zustände von Ungerechtigkeit und Korruption. Er ging dabei ganz philosophisch vor. Platon suchte nach dem Wesen der Gerechtigkeit. Und kam dabei zu der Einsicht, dass jeder im Grunde weiß, was gerecht und was richtig ist. Denn, so meinte Platon, jeder Mensch trägt in seiner Seele Urbilder des tugendhaften Verhaltens. Je besser das menschliche Handeln mit diesen Urbildern übereinstimmt, desto richtiger und gerechter lebt ein Mensch.

Platon fasste diesen Zusammenhang von Wirklichkeit und Urbild aber noch weiter. Was ein Baum, ein Berg, ein Tisch, eine Katze ist, können wir, meinte Platon, nur wissen, weil wir deren Urbilder in uns tragen. Die gesamte Erkenntnis, zu der ein Mensch fähig ist, hat ihren Anfang darin, dass er in seiner Seele diese Urbilder trägt.

Allen Kühen beispielsweise ist in dieser Sicht der Welt etwas gemeinsam, etwas, das sich gewissermaßen hinter allen Kühen verbirgt: ein bestimmtes Wesen, eine ganz eigene Natur. Und das ist etwas, das weder mit einer Kuh geboren wird noch mit ihr stirbt – es ist das Urbild, und da für „Bild“ das griechische „idea“ steht, die reine Idee der Kuh, an der jede einzelne in mehr oder weniger unvollkommener Weise teilhat.^{84 85 86}

Die Dinge vergehen, aber die Welt der Ideen bleibt. Das, was eigentlich ist, sind im Sinne Platons also nicht die Dinge, sondern deren Urbilder. Darum ist jemand, der die schönen Dinge liebt, für Platon noch kein Philosoph. Denn der Philosoph liebt die Schönheit selbst.

Platon unterscheidet ganz deutlich zwischen der sichtbaren, unseren Sinnen zugänglichen Welt und einer theoretischen Welt der reinen Urbilder. Was wir sehen und erfahren sind nur die Projektionen, die Schattenwürfe, die Abbildungen der vollkommenen Vorlagen. Die wirkliche Wahrheit über die Welt, so behauptet Platon, lässt sich nicht in den Naturphänomenen finden, die wir mit unseren Sinnen wahrnehmen, und auch nicht in den von uns entdeckten mathematischen Größen. Erkenntnis lässt sich laut Platon nur aus einer übersinnlichen, ewigen Welt gewinnen, aus der Welt der Ideen. Die letzte Wahrheit ist für Platon nur dem Denken zugänglich.

In den Jahren von 1508 bis 1517 schuf Raffael im Auftrag von Papst Julius II. mehrere Fresken, die zu den schönsten und bedeutendsten der Hochrenaissance zählen. In der Stanza della Segnatura, die Julius II. als Bibliothek und Studierzimmer nutzen wollte, findet sich dabei die weltberühmte „Schule

von Athen“, eine Versammlung vieler großer Philosophen der Antike. Rafael rückte dabei in die Mitte seines Freskos Platon und Aristoteles, beide dargestellt mit einer leichten Geste: Platon weist mit einer Hand nach oben, Aristoteles deutet hinunter zum Boden.

Platon sah die letzte Wirklichkeit im unerreichbaren Himmel der Ideen. Sein Schüler Aristoteles richtete das Denken wieder zurück zur Erde. Er hielt nur die beobachtbaren Dinge für wesentlich und untersuchenswert.

Aristoteles war siebzehn Jahre alt, als er den sechzigjährigen Platon kennen lernte und blieb zwanzig Jahre lang dessen Schüler. Diese Jahre verbrachte er lernend, diskutierend und vor allem lesend. „Der Leser“ soll daher auch der Spitzname gewesen sein, den Platon seinem außergewöhnlichen Studenten gab. Aristoteles aber war zu begabt, um sich darauf zu beschränken, die Gedanken seines Lehrers zu verstehen. Er begann stattdessen, seine eigene Weltanschauung zu entwickeln. Der alternde Platon war mit manchem nicht einverstanden und meinte: „Aristoteles hat gegen mich ausgeschlagen, wie es junge Füllen gegen die eigene Mutter tun.“⁸⁷

Aristoteles „ist ein echter Lehrer, kein inspirierter Prophet“, schreibt Russell: „Er arbeitet kritisch, sorgfältig, trocken.“⁸⁸ Aristoteles beschäftigte sich mit Botanik, Zoologie, Geologie, mit der Anatomie und Physiologie des Menschen, mit Fragen der Ethik, und er richtete sein Nachdenken auch auf den Himmel, auf die Sterne, die Planeten und die Erde. Aristoteles sammelte und ordnete, aber er versuchte nicht, die Tatsachen in der Weise eines modernen Wissenschaftlers zu verbinden, und er führte keine Experimente durch. Er unterschied zwischen zwei Aspekten der uns sichtbaren und fühlbaren Dinge, die er „Form“ und „Substanz“ nannte. Die Substanz war für Aristoteles die Materie, die Form war ihre Verwirklichung. Die Substanz war beispielsweise Holz, die Form ein Boot. Anders als in Platons Welt der Ideen war für Aristoteles die Form in den Dingen. Eine Mondfinsternis war eher eine Eigenschaft des Mondes als eine Folge der Mondbewegung.

Dies war die Grundlage für die Unterscheidung von vier verschiedenen „Ursachen“ oder „Gründen“ von Dingen. Der erste Grund ist die Materie selbst. Der zweite Grund beschreibt beispielsweise in einem Plan von einem Boot die Gestalt, die die Materie erhalten soll. Jemand muss danach dafür sorgen, dass diese geplante Gestalt Wirklichkeit werden kann. Das ist der dritte Grund, der Schiffsbauer. Schlussendlich stellt sich die Frage nach Sinn und Zweck. Das ist der vierte Grund.⁸⁹

Aus der Idee des vierten Grundes heraus entwickelte sich eine Sicht, dass sich alles auf ein Ziel oder einen Zweck hin entfalte. Möglicherweise hat diese Sicht ihren Ursprung darin, dass die Griechen in der Welt eher einen Organismus als ein mechanisches Regelwerk sahen. Wenn Lebewesen sich zweckmäßig verhalten, wie beispielsweise Tiere, die Nahrung für den Winter sammeln,